FRAGILIDADE POTENCIAL DO RELEVO – ESTUDO GEOMORFOLÓGICO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO DA MOCOCA – CRISTAIS PAULISTA, SÃO PAULO

Fernando Nadal Junqueira VILLELA[1]
Jurandyr Luciano Sanchez ROSS[2]

RESUMO

Tratando-se do mapeamento geomorfológico de uma bacia de drenagem, são utilizados métodos atribuídos à Geografia Física, para a compreensão dinâmica da paisagem envolvida. O principal apoio teórico-metodológico, obtido através da Geomorfologia, adota como parâmetros básicos as abordagens de TRICART (1965 e 1977) no tocante às questões eco-geográficas e as proposições de mapeamento taxonômico de ROSS (1991, 1992 e 1994), resultando em cartografia detalhada na escala 1 : 10.000 através de fotointerpretação, cartografia sistemática/temática e o uso de SIGs.

Com área total aproximada de 40 Km^2, a bacia em estudo integra área urbana consolidada do município de Cristais Paulista e terrenos de seis fazendas, cujas utilizações da terra variam desde cultivos de lavouras permanentes (principalmente o café), temporárias (milho, soja) e hortifrutigranjeiros até pastagens e matas galerias nos setores de maior declividade.

O enfoque principal está na definição de compartimentos geomorfológicos que representem uma totalidade da paisagem geográfica, através da combinação de atributos do terreno (modelado, solos e vegetação, entre outros). Estes atributos, ao serem mapeados, deverão fornecer mapeamento temático qualitativo expresso em classes de fragilidades naturais. Tais classes, potenciais segundo características empíricas do relevo principalmente, têm base no aspecto fisionômico, embora se considere a gênese e a idade das formas envolvidas. Esta divisão é feita de maneira taxonômica onde são definidas ordens de grandeza para classificar desde a macroestrutura do relevo até processos que definem formas pontuais na superfície, possuindo a seguinte ordenação: unidades morfoestruturais, unidades morfoesculturais, unidades morfológicas, tipos de forma do modelado, formas de relevo representadas pelas vertentes e tipos de processos erosivos ou acumulativos atuais.

INTRODUÇÃO

Considerando a realidade diversificada da área em questão (pois, embora em área predominantemente rural, a bacia hidrográfica pesquisada inclui também o uso urbano, além do agrícola), este trabalho justifica-se pela própria necessidade da conservação do equilíbrio entre as atividades humanas e o meio natural. A população residente se relaciona diretamente com o meio físico, e é neste fato que se explica o interesse pela área de estudo, pois existe a necessidade de um planejamento para a conservação dos recursos naturais existentes para a produção social e econômica do município (aproveitamento da água e dos solos, basicamente).

A definição da área de estudo como uma bacia de drenagem ou hidrográfica parte do pressuposto de que esta, ao menos em teoria, representa satisfatoriamente uma unidade de paisagem com limites mais ou menos definidos. Tal como DOORNKAMP & KING (1971) definem, bacias de drenagem compõe paisagens modeladas pela erosão fluvial, e o

[1] Universidade de São Paulo, Mestrando do Departamento de Geografia, gisvillela@hotmail.com
[2] Universidade de São Paulo, Professor Doutor, juraross@usp.br

mapeamento de suas formas ainda representarão pequenas unidades de paisagem, demonstrando a consonância e incompatibilidades entre o meio antrópico e o meio físico.

O entendimento da paisagem serve no mínimo como referência para dar melhor continuidade ao processo de ocupação da bacia de drenagem escolhida. No caso, o aparato teórico e metodológico buscado na Geomorfologia e na Geografia Física, e sua consequente apresentação através da cartografia temática, fornece não apenas compreensão das estruturas espaciais envolvidas, mas também sua relação vertical num modo taxonômico, hierarquizado. Segundo os tipos de modelado e intensidade de processos morfodinâmicos, é possível garantir uma ordenação dos fenômenos mapeados e descrevê-los segundo uma linguagem temática, em cores gradativas e códigos de caracteres que transmitam informação imediata a partir de sua visualização.

OBJETIVOS

Neste trabalho[3] são enfatizados levantamentos morfográficos (morfométricos e morfológicos) da bacia, relacionando as características de terreno com a morfodinâmica envolvida; por isso, o objetivo central é o mapeamento geomorfológico da bacia do ribeirão da Mococa. O mapa final indica os locais de maior e menor fragilidade potencial segundo características físicas, por meio de uma setorização baseada na ocorrência de processos morfodinâmicos. A fragilidade exprime-se na potencialidade de ocorrência destes processos; em linhas gerais, funciona como uma especialização da carta geomorfológica, com determinado tema em questão (no caso os processos morfodinâmicos de superfície, principalmente aqueles causados pela morfogênese pluvial).

Portanto, o objetivo cartográfico central desta pesquisa é a confecção da carta temática de fragilidade potencial do relevo, como produto final em escala de detalhe (1:10.000). Este considera características morfológicas, morfométricas e o uso da terra dos terrenos, com algumas associações à litologia e pedologia; a associação destas características funciona como indicadora dos locais de maior e de menor fragilidade aos processos morfodinâmicos.

Como objetivo secundário, figura a dentificação da evolução do uso e ocupação da terra, por meio de fotointerpretação de épocas sucessivas da área de estudo. Partindo do acervo aerofotográfico mais antigo até o mais atual, com complementação de informações via levantamento de campo e consulta a moradores da bacia, criou-se um mosaico no qual se vê as mudanças da paisagem de acordo com as necessidades e nível tecnológico alcançado da população residente.

MÉTODOS e TÉCNICAS

Os métodos em questão foram tratados dentro dos princípios da cartografia geomorfológica de detalhe, descritos por TRICART (1965) e KLIMASZEWSKI (1982): utilizando a escala de trabalho de 1:10.000, o mapeamento geomorfológico decorreu de fotointerpretação e interpretação de cartas topográficas, com consequentes ajustes pelos trabalhos de campo. Os dados levantados obrigatoriamente contém informações morfográficas, morfométricas, e algumas considerações morfogenéticas/morfocronológicas por analogia com a Geologia. Além disso, foram incluídas informações sobre o comportamento dos processos existentes, os dados dos processos morfodinâmicos.

Os processos morfodinâmicos referem-se aos processos naturais de superfície (sobretudo as movimentações gravitacionais de massa em geral e os escoamentos superficiais d'água), que podem ser acelerados ou modificados em seu curso pela ação antrópica ou pela ocorrência de eventos que ultrapassem limiares naturais. Estes processos, quando em ambientes naturais preservados, possuem ritmo regido pela entrada e saída de energia (comandadas pelo ciclo hidrológico, pelo intemperismo e pela retirada, transporte e deposição de material, entre outros), permanecendo em equilíbrio. Quando o ambiente em

3 Parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

questão está em constante alteração devido a mudanças bruscas de magnitude ou freqüência de seus processos, ocorrendo rompimento de limiares (muitas vezes em função de atividades humanas), acontecem desequilíbrios no regime natural dos processos superficiais, que acabam por deixar os terrenos desfavoráveis para a ocupação, agricultura ou qualquer outro uso ou forma de apropriação da terra; por assim dizer, o meio torna-se mais frágil.

A análise da fragilidade na bacia hidrográfica do ribeirão da Mococa seguiu proposta de ROSS (1991, 1994), ampliada do conceito de Unidades Ecodinâmicas de TRICART (1977). Para que ocorresse a análise, foram necessários estudos básicos do relevo, do sub-solo, do solo, do uso da terra e do clima, como aponta ROSS (1994). Estes levantamentos combinados em conjunto levaram à compreensão da morfodinâmica do ambiente estudado, possibilitando o arranjo hierárquico de graus de fragilidade baseados na divisão geomorfológica taxonômica da área de estudo.

A proposta taxonômica seguida foi de ROSS (1991, 1992), baseado nas fundamentações teóricas concebidas por GUERASIMOV (1946) e PENCK (1953), ambas descritas por ROSS (Op. Cit.), além das contribuições de MESCERJAKOV (1968). PENCK (Op. Cit.) definiu as formas de relevo terrestre como produto de forças geradas do interior da crosta terrestre e das forças impulsionadas pela ação climática atual e pretérita (definidos como processos endógenos e exógenos). GUERASIMOV (1959, *in* MESCERJAKOV, Op. Cit.) colocou que os fatores endógenos (como os movimentos tectônicos) produzem as formas de relevo de ordem de grandeza superior e se relacionam à morfoestrutura, enquanto que os fatores exógenos produzem as formas de relevo de ordem de grandeza inferior e se relacionam à morfoescultura; dessa forma, o relevo é produto da ação contraditória destes dois fatores. Determinada unidade morfoestrutural pode ter mais de uma unidade morfoescultural, pois esta reflete a resistência e o arranjo da litologia face à estrutura na qual foi esculpida.

A cartografação geomorfológica e a classificação do relevo elaborada por ROSS (1991) têm base no aspecto fisionômico, embora considere fundamental a gênese e a idade das formas. Para se classificar desde a macroestrutura até os processos que definem formas pontuais no relevo, existe a seguinte ordenação:

1º Táxon (Unidades Morfoestruturais): corresponde às macroestruturas do relevo;

2º Táxon (Unidades Morfoesculturais): corresponde aos compartimentos e subcompartimentos pertencentes a determinada morfoestrutura;

3º Táxon (Unidades Morfológicas): corresponde aos Padrões de Formas Semelhantes, contidos nas Unidades Morfoesculturais, sendo definidos pelo agrupamento das formas de agradação (relevos de acumulação), e formas de denudação (relevos de dissecação); nesta unidade se estabelecem as dimensões interfluviais médias e os graus de entalhamento dos vales;

4º Táxon: corresponde aos tipos de forma do modelado, dividindo-se em relevos de denudação, e relevos de agradação, entre outros. São as formas individualizadas indicadas em seu conjunto, como colinas, formas tabulares ou morros, com determinadas características de tamanho, inclinação de vertentes e gênese;

5º Táxon: corresponde às partes das formas de relevo representadas pelas vertentes. Estas são identificadas segundo seus setores, que podem ser convexos, côncavos, retlíneos, etc;

6º Táxon: corresponde aos tipos de processos erosivos ou acumulativos atuais, indicando pequenas formas de relevo, tais como ravinas, voçorocas e cicatrizes de deslizamento.

Além da morfologia e morfografia hierarquizadas, há a necessidade de aparecer na classificação o critério morfométrico que possibilita o entendimento de dados de densidade de drenagem e rugosidade do relevo. Através da experiência adquirida no projeto RADAMBRASIL, ROSS (1992) definiu uma matriz de índices de dissecação horizontal e

vertical do relevo, que combinados forneciam o referencial morfométrico. Com base na dimensão interfluvial média, ou densidade de drenagem, foi considerada a dissecação no plano horizontal; pelos graus entalhamento dos canais de drenagem, a dissecação no plano vertical. A distinção destes graus de dissecação em intervalos de metros a quilômetros definidos pela escala de trabalho gera classes numéricas para ambas as dissecações, que combinadas em números qualitativos (11, 12, 13 e etc) definem a matriz dos índices de dissecação do relevo.

Como a escala de trabalho neste estudo é de detalhe, trabalha-se mais especificamente com o 4º, 5º e 6º Táxons nas produções cartográficas da área de estudo; no 4º Táxon identificam-se os tipos de relevo, enquanto que o 5º Táxon representa a identificação dos tipos de vertentes e o 6º Táxon corresponde à identificação das feições de processos erosivos que atuam nas formas da superfície devido à morfodinâmica.

A divisão taxonômica citada possibita a classificação do ambiente em graus de fragilidade. ROSS (1996) aponta que as fragilidades dos ambientes naturais devem ser avaliadas quando pretende-se aplicá-las ao planejamento ambiental, baseando-se no conceito de Unidades Ecodinâmicas preconizadas por TRICART (1977).

O conceito de Unidades Ecodinâmicas fundamenta-se na conceituação de Ecossistema. Numa Unidade Ecodinâmica existe o funcionamento do ecossistema e a adaptação mútua dos vários componentes, respondendo à dinâmica de um ambiente e gerando situações de estabilidade/instabilidade. As situações de estabilidade/instabilidade derivam da sensibilidade de determinado ambiente ao balanço morfogênese/pedogênese. A morfogênese pode ser descrita como os processos mecânicos que promovem a dissecação das formas, tendo seu principal agente na água que escoa pela superfície; a pedogênese atua de maneira vertical e é caracterizada pela atuação do intemperismo químico que promove o desenvolvimento dos horizontes do solo, sendo a água também seu principal agente.

Na adequação das classificações ecodinâmicas para o planejamento ambiental, ROSS (1994*)* definiu que as Unidades Ecodinâmicas possuíam vários graus de instabilidade, variando desde o grau de instabilidade mais fraca até o grau de instabilidade mais forte. Estes graus de instabilidade seriam emergentes ou potenciais em razão das próprias características naturais e da possível alteração do meio pela sociedade humana. Na verdade, o enfoque da Ecodinâmica e sua identificação em unidades volta-se para corrigir aspectos desfavoráveis do meio e facilitar a exploração dos recursos ecológicos, por sempre haver a evidência do ”antinomismo” chamado por TRICART (*in* ROSS, 2001): a cobertura vegetal, que constitui os produtores primários e a base do ecossistema, e oposição à morfodinâmica, que é o fator limitante do ecossistema.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do ribeirão da Mococa localiza-se no município de Cristais Paulista, a 14 Km de Franca, no nordeste do Estado de São Paulo. Sua ocupação divide-se em dois vetores, limitados pela borda da escarpa de cuesta arenítico-basáltica, que preenchida por talhões de matas e cerrados, estabelece padrões característicos de cultivo permanente e temporário nas áreas de cabeceira (com relevo colinoso), e padrões agropastoris nos patamares rebaixados do sopé da escarpa. Primeiramente, nos interflúvios alongados das colinas, o cultivo de café (porção NNW) e soja (porção SSE) são dominantes, mas existem glebas de milho em menor proporção e também talhões de cana de açúcar; atividades hortifrutigranjeiras ocorrem em setores isolados, geralmente ligadas aos limites de propriedades rurais. Já nos patamares convexos abaixo da escarpa, predominam os usos de culturas temporárias, notadamente o milho, havendo também glebas de soja, e glebas menores de café e cana, mas as áreas de pastagens são as maiores. A utilização intensa da terra para agricultura gerou uma série de fitofisionomias secundárias, como capoeiras, compostas principalmente por indivíduos lenhosos a partir da floresta primária. Ainda conservadas, existem também matas acompanhando a hidrografia perene e intermitente

(galerias ou ciliares), dominadas por árvores com alta densidade de indivíduos e copas fechadas nos estratos superiores, com ervas e arbustos nos estratos inferiores.

Com amplitudes topográficas de 300 m, a área de estudo possui relevo variado, inserido na unidade morfoescultural dos Planaltos Residuais de Franca/Batatais (ROSS & MOROZ, 1997). Alterna formas arredondadas e suaves (IPT, 1981b), nas porções mais a montante, para em seu curso médio sofrer rupturas topográficas de mais de 100 m de altitude, formando paredões (escarpas erosivas e festonadas) com cachoeiras e grotões. Segundo IPT (1981a), estes paredões são resultantes de intensos processos tectônicos que culminaram, no período Cretáceo, com o extravasamento de lavas basálticas da Formação Serra Geral. A variação da morfologia configura à bacia várias formações geológicas sobrepostas (interdigitadas), que fazem parte das unidades litoestratigráficas da borda nordeste da Bacia Sedimentar do Paraná. HELLMEISTER JR. (1997) descreve quatro formações na área de estudos, no sentido de montante para jusante: arenitos conglomeráticos limonitizados, correlatos à Formação Franca, rochas intrusivas básicas, correlatas à Formação Serra Geral, e arenitos avermelhados de estratificação cruzada das Formações Botucatu e Pirambóia. Ainda na área de jusante, existe a presença de um *sill* de diabásio (HELLMEISTER JR., Op. Cit.).

Tal litologia, aliada com o clima tropical alternadamente seco e úmido (precipitações médias anuais de 1500 a 1600 mm), confere aos solos da área de estudo desenvolvimento pedológico variado, variação determinada também em razão da altitude e da declividade. De forma geral, nos relevos menos rugosos, tem-se associações de latossolos de textura arenosa/média a argilosa, e nos relevos de maior declividade surgem solos rasos do tipo cambissolos e litólicos possuindo textura argilosa correspondente à fase pedregosa (IPT, 2000).

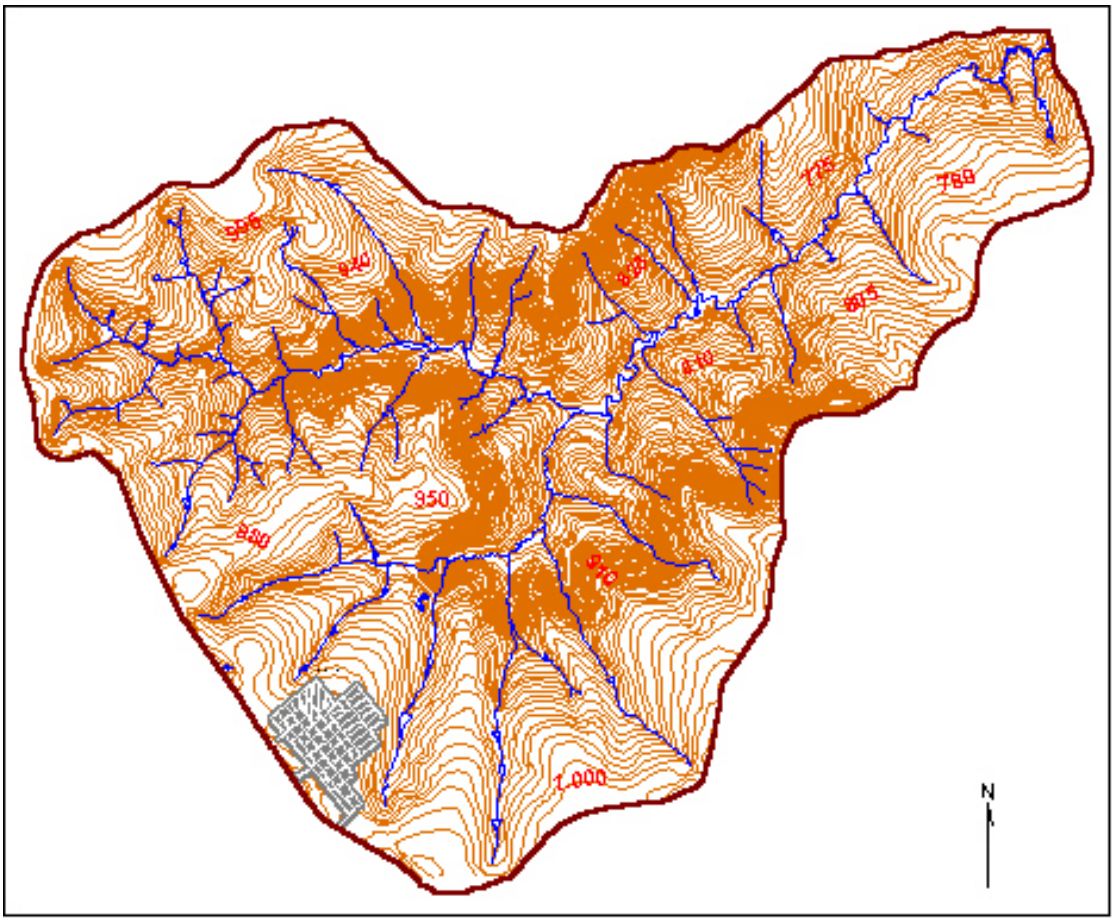

Figura 1. Área urbana, hidrografia e curvas de nível da área de estudo. Sem Escala.

RESULTADOS

Em vista das diversas informações necessárias ao alcance do objetivo central, os produtos cartográficos temáticos foram divididos em básicos, intermediários e finais:

Os produtos básicos são: carta base, com convenções cartográficas como curvas de nível e hidrografia; carta hipsométrica, com intervalos altimétricos (Figura 2); carta de declividades, com intervalos do gradiente das vertentes (Tabela 1); morfologia, com classificações do modelado (Tabela 2); e perfis topográficos, na orientação Norte-Sul e Sudoeste-Nordeste (mostrados no painel de exposição).

Tabela 1. Classes de declividade utilizadas para a bacia do ribeirão da Mococa.

Classes de declividade
0 a 6%
6 a 12%
12 a 20%
20 a 30%
Acima de 30%

Tabela 2. Classes morfológicas utilizadas para a bacia do ribeirão da Mococa.

Morfologia
Patamares planos
Topos convexos
Vales em U
Vales em V
Cabeceiras em anfiteatro
Vale fluvial
Patamares convexos
Setores de vertente retilíneos
Setores de vertente côncavos
Setores de vertente convexos

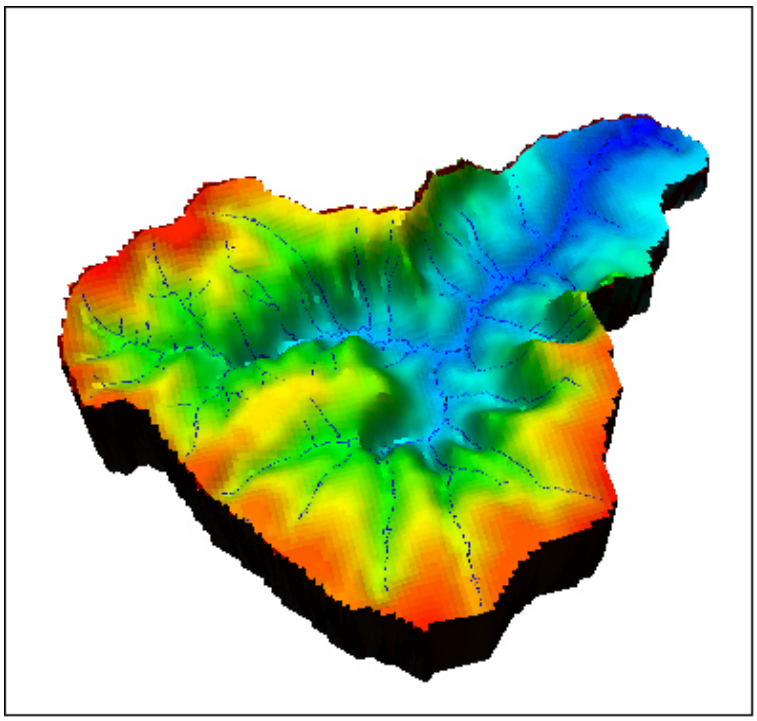

Figura 2. Modelo tridimensional da bacia do ribeirão da Mococa. As cores em tons vermelhos possuem altimetrias de 900 a 1000 m, em tons verdes de 800 a 900 m e em tons azuis de 700 a 800 m. Sem Escala.

Nos produtos intermediários, a carta de uso da terra é o primeiro, com o uso de 1962, 1992 e 2003 (Tabela 3 e Figura 3):

Tabela 3. Categorias de uso da terra por ano utilizadas para a bacia do ribeirão da Mococa.

Categorias de uso da terra	Ano
Área urbana, café, cerrado, eucalipto, mata e pasto	1962
Área urbana, café, cana, cerrado, cultura anual, eucalipto, fruticultura, cana, mata e pasto	1992
Área urbana, café, cana, cerrado, cultura anual, eucalipto, fruticultura, cana, loteamento, milho, soja, mata e pasto	2003

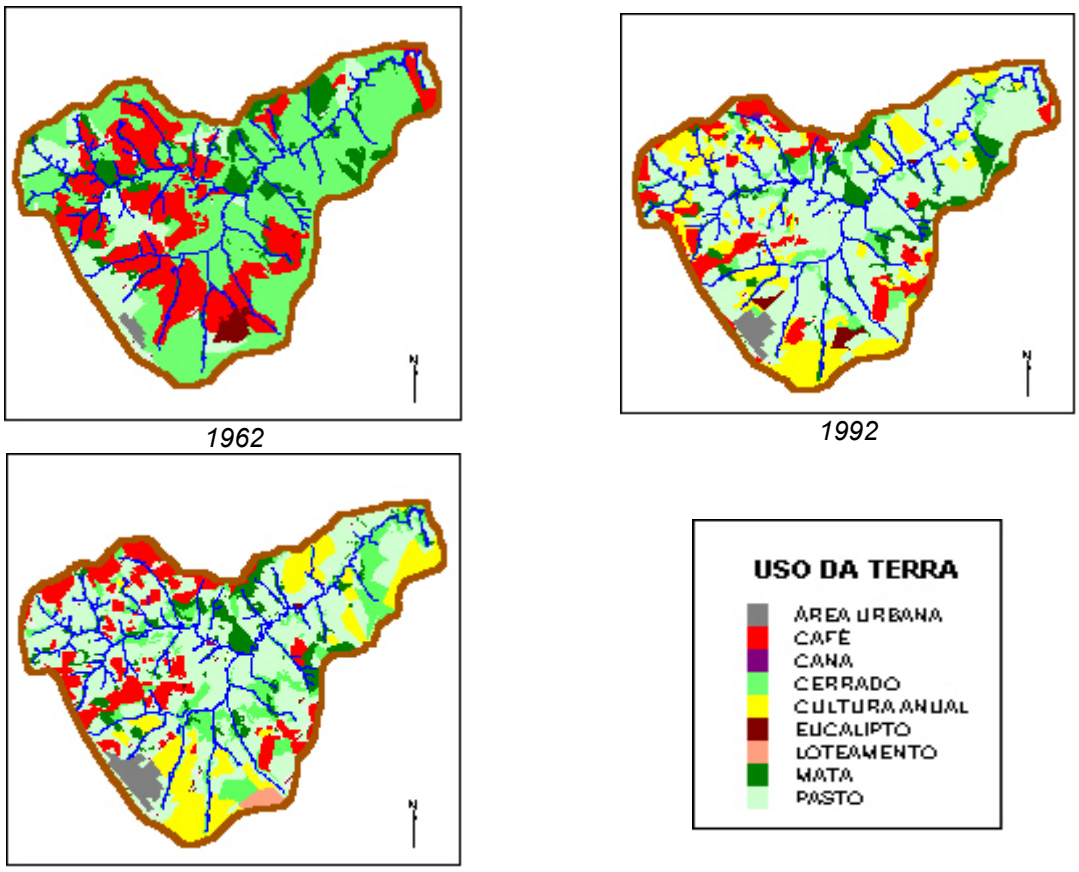

Figura 3. Evolução do uso da terra na bacia do ribeirão da Mococa. Sem Escala.

Com uso da terra predominantemente rural, o crescimento urbano é limitado às plantações de culturas temporárias e permanentes. O aumento populacional ou deslocamento do centro urbano de Franca engatilha processo de loteamento que acarreta na compra de terrenos, ora por parte da prefeitura municipal, ora por aquisições particulares. Atualmente, o loteamento mais recente localiza-se em frente à Rodovia Manoel Carrijo, na borda sul da bacia.

Ao longo dos anos, a ocupação da bacia mudou drasticamente, com momentos de aparente resistasia da vegetação em função das lavouras de café. Na década de 60 passada, as plantações cafeeiras eram situadas à margem dos rebordos da cuesta arenítico-basáltica,

visto que na época dependia-se da topografia rugosa e da "terra vermelha" (arenitos e basaltos intemperizados) para obter-se boas condições de plantio. No uso da terra de 1962, percebe-se que a monocultura acompanhava as declividades, enquanto que atualmente é a situação inversa, pois as plantações localizam-se a partir dos limites do divisor da bacia. Por isso, nos dias de hoje, a ocupação das áreas de cabeceira da bacia ocorre entre os interflúvios das colinas amplas, sempre acompanhando as plantações e em contato com vias de ligação (estradas de terra) para as rodovias.

O fator limitante da ocupação nas áreas colinosas é o rebordo da escarpa, que, com vertentes muito íngremes e retilíneas, estabelece outros tipos de ocupação nas áreas rebaixadas a partir do seu sopé. Assim, nos patamares rebaixados abaixo da escarpa, o uso predominante de culturas temporárias, nas rampas de colúvio de declividades médias, embora significativos são ofuscados pela áreas de cerrado e pastagens, entrecortados por estradas de terra que cortam as fazendas e interligam as vertentes opostas.

O segundo produto intermediário é a carta geomorfológica. Esta divide a área de estudo em três compartimentos (colinas, escarpa e patamares rebaixados - Tabelas 4 e 5 e Figura 4), classifica a morfologia a partir da matriz dos índices de dissecação (Tabela 6) e descreve as formas de processos atuais (Tabela 7).

Tabela 4. Compartimentos geomorfológicos para a bacia do ribeirão da Mococa.

Unidade Morfoestrutural (1º Táxon)	Unidade Morfoescultural (2º Táxon)	Unidade Morfológica (3º Táxon)	Tipos de Formas de Relevo (4º Táxon)
Bacia Sedimentar do Paraná	Planaltos Residuais de Franca / Batatais	Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa	Formas denudacionais: colinas e patamares rebaixados
Bacia Sedimentar do Paraná	Planaltos Residuais de Franca / Batatais	Bacia Hidrográfica do Ribeirão da Mococa	Formas estruturais: escarpa

Tabela 5. Classes do modelado segundo seus compartimentos para a bacia do ribeirão da Mococa.

Tipo de Forma de Relevo (4º Táxon)	Morfologia	Tipos de Vertentes (5º Táxon)
Colinas (D)	Patamares planos (pp)	Dpp
	Topos convexos (tc)	Dtc
	Vales em U (u)	Du
	Vales em V (v)	Dv
	Cabeceiras em anfiteatro (a)	Da
	Setores de vertente côncavos (cc)	Dcc
	Setores de vertente convexos (c)	Dc
Tipo de Forma de Relevo	Morfologia	Tipos de Vertentes
Escarpa (E)	Vales em U (u)	Eu
	Vales em V (v)	Ev
	Setores de vertente retilíneos (r)	Er
Tipo de Forma de Relevo	Morfologia	Tipos de Vertentes
Patamares Rebaixados (A)	Vales em U (u)	Au
	Vales em V (v)	Av
	Cabeceiras em anfiteatro (a)	Aa
	Vale fluvial (vf)	Avf
	Patamares convexos (pc)	Apc

	Setores de vertente côncavos (cc)	Acc

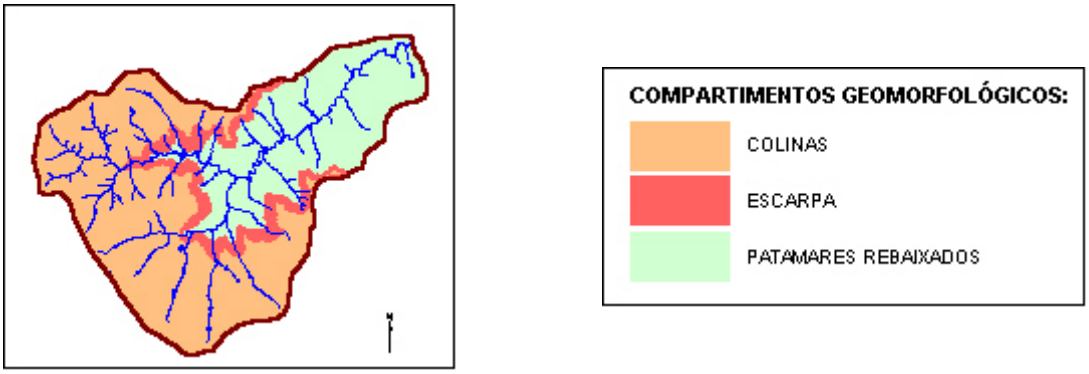

Figura 4. Compartimentos geomorfológicos na bacia do ribeirão da Mococa. Sem Escala.

Tabela 6. Matriz dos índices de dissecação do relevo para a bacia do ribeirão da Mococa.

Graus de entalhamento dos vales (classes)	Dimensão interfluvial média (classes)				
	Muito grande (1) 1150 a 600 m	Grande (2) 600 a 400 m	Média (3) 400 a 250 m	Pequena (4) 250 a 100 m	Muito Pequena (5) 100 a 40 m
Muito fraco (1) 0 a 10 m	11	12	13	14	15
fraco (2) 10 a 25 m	21	22	23	24	25
Médio (3) 25 a 50 m	31	32	33	34	35
Forte (4) 50 a 75 m	41	42	43	44	45
Muito forte (5) 75 a 120 m	51	52	53	54	55

Tabela 7. Processos geomorfológicos atuais na bacia do ribeirão da Mococa.

Forma de Processo Atual (6º Táxon)	Descrição
Modelado antrópico	Extração de areia/cascalho
Dados litológicos	Afloramento
Feições de drenagem	Rápido, queda d'água
Feições morfológicas	Relevo residual Terraço fluvial Ruptura de declive convexa
Feições morfodinâmicas	Coluvionamento Erosão laminar Erosão em sulcos

	Ravina Voçoroca Escorregamento
Feições estruturais	Escarpa festonada

Num primeiro momento, as formas de relevo na área de estudo correspondem ao ciclo sedimentar (Triássico-Jurássico) de deposição flúvio-eólica (*in* CANIL, 2000). Em seguida, as formas condicionam-se aos derrames basálticos que cobrem as unidades sedimentares do final do ciclo de deposição da Bacia do Paraná (Jura-Cretáceo), correspondendo ao ciclo magmático intermediário conhecido como evento Serra Geral que configurou a forma estrutural das escarpas de cuesta (IPT, 2000; ROSS & MOROZ, 1997). No período Cretáceo aparecem seixos de origem primária semi-árida sujeitos a inúmeras fases de retrabalhamento, originando paleopavimentos recentes (Quaternário), que, existentes no reverso de cuestas e também depositados no sopé das escarpas (como fragmentos de cornijas na forma de calhaus misturados a seixos de quartzo e limonita), alimentam as paleosuperfícies e constituem depósitos de cobertura resultantes de variações paleoclimáticas recentes (in AB'SÁBER, S/D). Para tais ocorrências de massas coluviais, MOUSINHO e BIGARELLA (1965, in AB'SÁBER, Op. Cit.) criaram o nome de rampas de colúvio, existentes entre os mais diferentes tipos de patamares, como pedimentos e terraços.

A divisão dos três compartimentos ou tipos de formas de relevo pode muito ser atribuída à presença do reverso da cuesta arenítico-basáltica que corta a bacia hidrográfica em seu médio curso. Os relevos de colinas correspondem às áreas de cabeceira de drenagem até o limite da escarpa estrutural, com predominância de processos de denudação que conferem às formas modelado côncavo, convexo e o aparecimento de cabeceiras em rebordos de anfiteatro, devido à capacidade de infiltração das coberturas superficiais e às declividades mais acentuadas. Também no compartimento das colinas aparecem em menor número patamares planos de cimeiras argilosas e topos convexos individualizados, correspondendo a relevos residuais de litologia mais resistente; ainda existem vales em U, mais abertos e de declividade gradativa, e vales em V pouco extensos e estreitos.

No relevo da escarpa estrutural, caracterizada pelo perfil retilíneo das vertentes com amplitudes topográficas altas (acima de 50 m), existem uma série de quedas d'água e cachoeiras que pela força de abrasão da água determinaram o surgimento de grotões em seu sopé; estes córregos de vazão e volume variados segundo a época do ano correm pelos vales em U e em V, alongados e estreitos. Já nos patamares rebaixados, compõe-se a paisagem de denudação pela presença de vertentes convexas correspondendo a rampas de colúvio de dissecação variável mas em geral entalhados, e vertentes côncavas com cabeceiras em anfiteatro de dimensão também variável. Na calha fluvial (vale fluvial) do ribeirão da Mococa existem terraços fluviais, que acompanham a sinuosidade do ribeirão, e os tributários presentes nos vales em U e em V possuem grande intensidade morfodinâmica, em razão da contribuição de água pluvial que recebem pelos canais de drenagem.

O padrão de drenagem predominante é o subparalelo. Nas áreas de cabeceira da bacia a noroeste, devido ao terreno argiloso e ao grande número de cabeceiras em anfiteatro, a drenagem ganha configuração dendrítica-subparalela, causada , entre outros fatores, à densidade de canais de drenagem e às mudança da hierarquia fluvial de ordem 1 para 3. Em toda a área das colinas areníticas os canais são conseqüentes; ao atingirem a escarpa, seguem as direções do basalto em subseqüência se vindos do norte ou do sul, para ganharem nos patamares rebaixados escoamentos diversos; daí os fluxos tornam-se obsequentes, ressequentes e conseqüentes. O vale fluvial, meândrico, possui em toda sua extensão conseqüência e sinuosidade variada; ainda existem canais anastomosados onde a potência de vazão do ribeirão diminui. No médio curso inferior, a sinuosidade diminui quando o ribeirão percorre o sill de diabásio, conferindo mais velocidade à vazão e aparecendo seixos maiores e arredondados na jusante da bacia.

Nota-se por fim que o gradiente da bacia aumenta consideravelmente à medida que a altitude diminui e a ordem dos canais de drenagem aumenta; esta situação apenas se estabiliza no sopé das vertentes do patamres convexos, mesmo havendo entalhe considerável.

Quanto aos produtos finais, correspondem às informações existentes na carta de fragilidade potencial do relevo, em intervalos de muito baixa a muito alta (graus de 1 a 5), segundo a combinação da matriz dos índices de dissecação do relevo, declividades e uso da terra (Tabela 8 e Figura 4).

Tabela 8. Fragilidades potenciais de acordo com a matriz dos índices de dissecação, declividades e uso da terra para a bacia do ribeirão da Mococa.

Fragilidade potencial associada à matriz dos índices de dissecação	Fragilidade potencial associada à declividade	Fragilidade potencial associada ao uso da terra
MUITO BAIXA (1) 11, 12, 13 e 24	MUITO BAIXA (1) 0 a 6%	MUITO BAIXA (1) Mata
BAIXA (2) 14, 15, 21, 22, 23, 32 e 33	BAIXA (2) 6 a 12%	BAIXA (2) Cerrado
MÉDIA (3) 25, 31, 34, 42 e 43	MÉDIA (3) 12 a 20%	MÉDIA (3) Cultura Anual, Loteamento, Área Urbana
ALTA (4) 35, 41, 52 e 53	ALTA (4) 20 a 30%	ALTA (4) Café
MUITO ALTA (5) 44, 45, 51, 54 e 55	MUITO ALTA (5) Acima de 30%	MUITO ALTA (5) Pasto

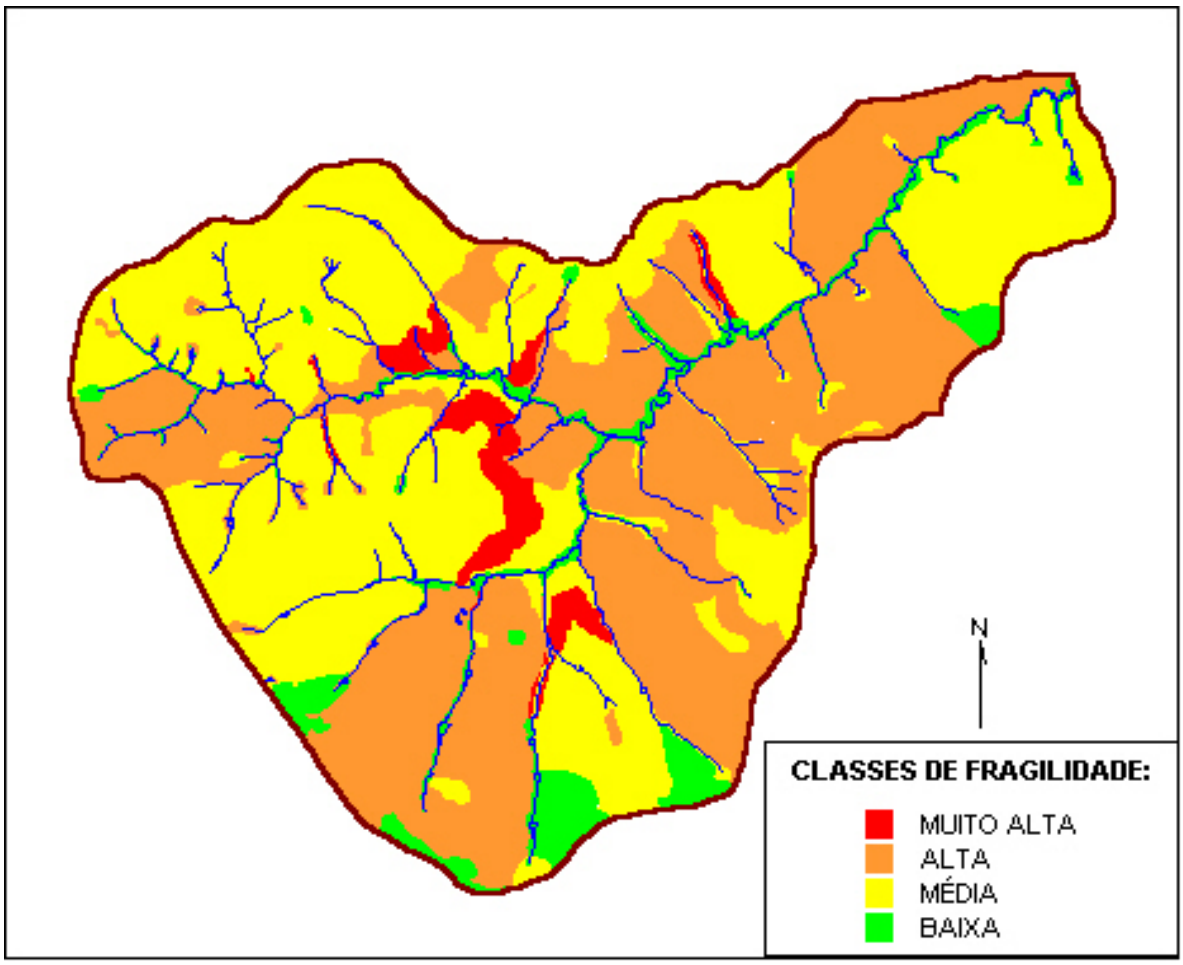

Figura 4. Fragilidade potencial do relevo na bacia do ribeirão da Mococa. Sem Escala.

CONCLUSÕES

O Planalto Residual de Franca/Batatais caracteriza-se como uma unidade de relevo individualizado, sustentado pelos arenitos das formações Botucatu e Pirambóia e pelos basaltos da Formação Serra Geral, recobertos pelo arenito da Formação Franca e sedimentos cenozóicos. Encontra-se em processo de transformação de seu modelado, evidenciado pelo desenvolvimento e evolução das feições erosivas do tipo boçoroca, localizadas em cabeceiras de drenagem que vão esculpindo e avançando o topo do planalto (CANIL, 2000). Os condicionantes geomorfológicos (declividade e formas das vertentes) influem na velocidade e energia do escoamento superficial induzindo o desenvolvimento de erosões; as vertentes convexas são as mais suscetíveis aos processos erosivos e a velocidade do escoamento é diretamente proporcional ao aumento de declividade (CANIL, Op. Cit.).

Os processos morfodinâmicos existentes na bacia do ribeirão da Mococa, notadamente o escoamento superficial e sub-superficial, dependem do compartimento geomorfológico e litologia associada. No relevo de colinas, o trabalho das águas da chuva (morfogênese pluvial) ganha força com a declividade e favorece o entalhe vertical; na área de rebordo da escarpa, apesar do escoamento ser maior que a infiltração, existe tendência à pedogeneização causada pela percolação da água nos horizontes do solo derivados da alteração dos basaltos. Já na área dos patamares rebaixados e no sopé da escarpa ocorrem depósitos de tálus e formação de rampas de colúvio, originados entre outros processos de escoamentos superficiais concentrados, ou até difusos se iniciados nos divisores de águas de gradientes menos acentuados.

As características hidrológicas da bacia também contribuem para a ação da morfodinâmica: com o aumento pluviométrico e vazão alta suscetibilizando o regime hidrológico do ribeirão

da Mococa a ter picos de vazão nos meses mais chuvosos, notadamente o verão, o escoamento superficial concentrado pode promover mais cicatrizes de erosão e dependendo da intensidade e duração dos picos erosão remontante e o aparecimento de mais ravinas e voçorocas.

O fato é que a bacia vive momento de lenta recuperação, mostrada pela carta de uso da terra. Se compararmos o desmatamento e transformação das áreas de cerrado em pastagens extensas, nas fotointerpretações de 1962 e 1992, veremos que a atividade agropastoril alterou drasticamente a paisagem; mas pela situação atual (evidenciada na fotointerpretação de 2003), se comparada ao ano de 1992, indica recuperação da fisionomia vegetal original, ainda que em processo lento. Alguns talhões de mata conservaram até sua geometria original, como é o caso da mata fechada que percorre a bacia desde o rebordo da escarpa até o fundo do vale fluvial, na área dos patamares rebaixados.

Com algumas ações de manejo ou ocupação corretas, este cenário poderá continuar melhorando sem que para isso existam cortes nas atividades econômicas existentes na bacia, apenas redirecionamentos. É nesse sentido que o conhecimento das condições de estabilidade/instabilidade se faz necessário, e é nesse contexto que a carta de fragilidade potencial cabe como instrumento temático consultivo e apontador.

Nesse sentido, é possível se afirmar que a legenda da carta de fragilidade é o produto mais importante deste trabalho, pois aponta quais os processos morfodinâmicos atuantes por setor do modelado. Para isso, os dados coletados durante as fotointerpretações e em campo foram indispensáveis para as informações contidas na legenda. Em separado, cada cartograma produzido forneceu informações valiosas no entendimento da paisagem da bacia, já que sua morfografia é muito peculiar, além desta conter uma série de atributos que reiteram a recuperação da bacia, como cachoeiras, matas galerias, presença de animais silvestres e o aproveitamento dos recursos naturais para o chamado turismo rural, como a prática de trilhas, passeios a cavalo, canyoning e corridas de aventura.

Especificamente, os usos da terra atuais são os seguintes:

Matas: densa, esparsa, de galeria, ciliar ou de brejo, vegetação arbórea e vegetação natural isolada em talhões preservados;

Campos: sujo, limpo e capoeira, segundo a densidade e fisionomia da cobertura vegetal. Todos foram englobados nas áreas de cerrados;

Áreas antrópicas: edificações (propriedades rurais), campo antrópico (retirada de material de empréstimo ou movimentos de terra), loteamentos e área urbana;

Usos: culturas permanentes (café e cana de açúcar), culturas anuais ou temporárias (soja e milho), fruticulturas (banana, mamão, uva), horticulturas (chuchu, cenoura, etc), áreas de pastagem e áreas de pousio entre safras.

Como a divisão de ocupação é marcada pelos limites do rebordo da escarpa de cuesta, nota-se dois padrões de organização:

Nas colinas, aproveitamento das rampas suaves para a plantação de milho, soja e café, acompanhando as curvas de nível e sempre com direcionamentos a partir da propriedade rural. Os sítios e usos menores como fruticultura geralmente estão localizados em setores de maior declividade, à margem dos córregos;

Nos patamares rebaixados (chamados popularmente de “furnas”), existência de maiores áreas de pastagens e presença de talhões de mata fechada; sobre os patamares convexos suaves a íngremes presença de plantações de soja e milho.

No final desta pesquisa, a fragilidade potencial do relevo da bacia aos processos morfodinâmicos foi classificada como alta, aproximando-se do valor de conjunto numérico 4.3.5. Estes setores correspondem sobretudo às áreas de relevo de colinas convexas e côncavas e patamares convexos e vales em U, e alguns setores da escarpa.

O detalhamento das unidades de fragilidade com três algarismos, acusado pelo processamento de dados, permite relacionar cada unidade indicada com as características dos parâmetros de fragilidade, ou seja, quanto à morfologia, matriz dos índices de dissecação, declividades e uso da terra. Quando estas informações são separadas, existe o seguinte:

a) Morfologia: o modelado com maiores unidades em número são as cabeceiras em anfiteatro das colinas, com 40 unidades. Sua concentração ocorre na porção noroeste da bacia justamente nos terrenos onde existe maior gradiente de declividade;

b) Matriz dos índices de dissecação: a matriz que abrange mais unidades da área de estudos é a 35, isto é, formas de entalhamento dos vales médio (25 a 50 m), com dimensão interfluvial média muito pequena (40 a 100 m), caracterizada por possuir fragilidade alta aos processos morfodinâmicos. Estas áreas em geral correspondem aos vales em V e em U de pouca dimensão mas de grande longitudinalidade;

c) Declividades: a classe de 12 a 20% é a que aparece mais, correspondendo à porção noroeste da bacia e aos patamares convexos da margem esquerda e direita do ribeirão da Mococa, nas área de coluvionamento;

d) Uso da terra: as áreas de pastagens são as mais evidentes, aparecendo em maior número tanto em polígonos como em extensão (18,31 Km^2, ou quase 47% da área da bacia);

e) Fragilidades: as fragilidades com mais unidades são as altas (99), seguidas das médias (85), baixas (46) e muito altas (14), não existindo unidades de fragilidade potencial muito baixas. Entretanto, em área as fragilidades dominantes são as médias (18,07 Km^2), seguidas das altas (16,98 Km^2), baixas (2,85 Km^2) e muito altas (1,3 Km^2). Isso determina que a carta de fragilidade possui a legenda de fragilidade média e fragilidade alta muito evidentes no mapa; esse fato ocorre principalmente porque ambas as classes de fragilidade correspondem em boa parte aos setores convexos das vertentes, que possuem tendência a sofrer processos morfodinâmicos intensos.

Apesar deste trabalho classificar a fragilidade da bacia do ribeirão da Mococa como potencial alto aos processos morfodinâmicos, não se pode afirmar que o meio considerado seja instável no conceito ecodinâmico de TRICART (1977). A ação da morfogênese pluvial é muito significativa no entalhamento das formas, na verdade determinante de algumas geometrias encontradas na área de estudos; mas é importante observar que existem condições de estabilidade de algumas porções da bacia mais que outras. Por exemplo, as áreas de formas em colinas ao sul da bacia possuem estabilidade maior, comprovada pela fotointerpretação e checagem de campo, por haver ausência de feições morfodinâmicas significativas; entretanto na porção noroeste a densidade de drenagem é maior e o uso de culturas intenso nos divisores provoca o aparecimento de uma série de eventos de erosão laminar e em sulcos. As situações de estabilidade/instabilidade podem muito ser associadas às ações da lavoura, pois apesar de existirem inúmeros métodos de conservação e recuperação de áreas degradadas consagrados na literatura e utilizados em larga escala, não existe meio que resista completamente ao aproveitamento agrícola.

Fica claro que o método crucial para o alcance do objetivo principal deste trabalho foi a combinação e relação das informações temáticas levantadas durante a pesquisa, sobretudo cartográficas. Portanto, pelas características levantadas em campo, mapeamentos e metodologias aplicadas, pode-se enfim afirmar-se o seguinte no tocante aos processos morfodinâmicos da área de estudo :

a) As tendências à infiltração, escoamento superficial difuso, balanço morfogênese/pedogênese positivo e compactação do solo são restritas às cabeceiras em anfiteatro esculpidas nos patamares rebaixados e setores de vertentes côncavos das colinas e planícies, em terrenos guardados da agricultura intensa ou das pastagens;

b) Os locais de escoamentos superficiais difusos a concentrados, este último ligado ao aumento das declividades, com morfogênese predominando sobre a pedogênese e com instabilidades diretamente ligadas ao uso de pastagens, também se relacionam com cabeceiras em anfiteatro e setores côncavo-convexos das colinas e planícies, mas igualmente estão associados a atividades humanas, como retiradas de material de empréstimo e coberturas superficiais argilosas e compactadas, com baixa capacidade de infiltração;

c) O escoamento superficial difuso a concentrado acompanhando o gradiente topográfico está associado aos setores convexos de vertentes com vales entalhados, com competência dos córregos comprometida por atividades humanas no uso da terra, principalmente o café, ocasionando feições morfodinâmicas como erosões laminares e erosões em sulcos de mais de 100 m^2 ;

d) Vales em U e em V são os principais agentes do escoamento superficial concentrado promovendo o entalhe da escarpa de cuesta arenítico-basáltica e o aparecimento de corredeiras, cachoeiras e grotões em locais de alta compactação do solo, embora existam locais nesses setores com boa capacidade de infiltração e desenvolvimento pedogenético in situ. Estas áreas correspondem aos locais de maior fragilidade;

e) O transporte de detritos pelos setores de vertente retilíneos, vales em U e em V, com intensa morfogênese pluvial ligadas à declividade e contribuição da vazão alta da drenagem estão ligadas também com a longitudinalidade dos córregos e o alcance em tempo diferenciado das águas até a borda da escarpa, devido à conformação da bacia;

f) A deposição de detritos como colúvio e depósito de tálus no sopé da escarpa favorece a pedogênese, formando superfícies arenosas com pouca compactação, com carregamento de detritos que promovem o entalhe de antigos terraços fluviais no rio meândrico;

g) Os patamares convexos dissecados de textura arenosa e alta capacidade à infiltração sofrem morfogênese significativa delineando feições morfodinâmicas que chegam a atingir a proporção de movimentos de massa;

h) Embora a concentração dos escoamentos atinja unanimemente a escarpa estrutural, a dissecação do relevo é principalmente promovida no compartimento noroeste do relevo de colinas, nos patamares convexos do sopé da escarpa e na área de jusante na margem esquerda do ribeirão da Mococa.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N**.** Uma revisão do Quaternário paulista: do presente para o passado. In: IBGE (Org.) **Separata da revista brasileira de geografia**, São Paulo: IBGE, ano 31, n.4, [197-], 51p.

CANIL, K. **Processos erosivos e planejamento urbano: carta de risco de erosão das áreas urbana e periurbana do município de Franca, SP**. São Paulo: DG-FFLCH-USP, 2000. 96p. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

DOORNKAMP, J.C.; KING, C. A. M. Numerical analysis in Geomorphology – an introduction. London: E. Arnold, 1971, 372p.

HELLMEISTER JR.., Z. **Aspectos geológicos e principais recursos minerais da região de Franca-Pedregulho, nordeste do Estado de São Paulo**. São Paulo: IGC-USP, 1997. 162p. Dissertação (Mestrado em Geologia Sedimentar) – Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (São Paulo, SP). **Mapa geológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: Publicação IPT,1981a, Monografia 6, n. 1184, 2v. Escala 1 : 500.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (São Paulo, SP). **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo.** São Paulo: Publicação IPT,1981b, Monografia 5, n. 1183, 2v. Escala 1 : 1.000.000.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS (São Paulo, SP). **Diagnóstico da situação atual dos recursos hídricos e estabelecimento de diretrizes para a elaboração do Plano da Bacia Hidrográfica do Sapucaí-Mirim/Grande** São Paulo: IPT/CBH-SMG, 2000, minuta relatório 40672, 138p. Disponível na Internet. http://www.sigrh.sp.gov.br em 2002.

KLIMASZEWSKI, M. Detailed geomorphological maps. **ITC Journal**, Krakow, Poland: Academy of Sciences, 1982. p.265 – 271.

MESCERJAKOV, J. P. Les Concepts de morphostructure et de morphosculpture: un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. **Annales de Géographie**, Paris: 1968, 77 années, n.423, p.539-552.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I.C. **Mapa geomorfológico do Estado de São Paulo** São Paulo: DG-FFLCH-USP/IPT/Fapesp, 1997, 2v. Escala 1 : 500.000.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo: Ed. Contexto, 1991, 85p.

ROSS, J. L. S. O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, DG-FFLCH-USP , n.6, p.17 – 28, 1992.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia,** São Paulo, DG-FFLCH – USP, n.8, p.63 – 74, 1994.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia aplicada aos Eias – Rimas In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. (Org.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro: Ed. Bertrand Brasil, 1996, p. 291 – 335.

ROSS, J. L. S. Geomorfologia e geografia aplicadas à gestão territorial: teoria e metodologia para o planejamento ambiental São Paulo: DG-FFLCH-USP, 2001. 322p. Tese de Livre Docência – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

TRICART, J. Observation des phenómenes et des faits geomorphologiques. In: TRICART, J. **La Cartographie Geomorphologique Detaillée - Principes et Méthodes de la Geomorphologie**. Paris: Masson e Cie Editeurs, 1965, P.183 – 233.

TRICART, J. **Ecodinâmica** Rio de Janeiro: Ed. FIBGE/SUPREN, 1977, 97p.